果 树 学 报 2025,42(7):1377-1388
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250052

新疆105份桃种质资源果实性状多样性分析

李 丹[1],白丽霞[1],唐卓越[1],杨康慧[1],杨 璐[2],程 平[1*]

([1]新疆农业大学林学与风景园林学院,乌鲁木齐 830052;[2]新疆林业科学院,乌鲁木齐 830000)

摘 要:【目的】深入了解不同桃种质果实性状的变异性和多样性,筛选优异桃种质资源,为桃良种选育提供参考。**【方法】**以105份桃种质资源为试验材料,对果实22个描述型性状和14个数量型性状进行遗传多样性分析,运用主成分分析进行综合评价并排序,采用聚类分析进行分类。**【结果】**描述型性状和数量型性状多样性指数的变化范围分别为0.627~1.502、1.783~2.079;数量型性状的变异系数变化范围为2.34%~74.12%。主成分分析共提取到4个主成分,累计贡献率达80.887%,建立了综合评价模型,根据综合得分进行优良度排序。通过聚类分析,105份桃种质被分为5个类群。**【结论】**供试桃种质果实性状的变异类型丰富,多样性指数较高,主成分结合聚类分析筛选出可溶性固形物含量高、耐贮运种质中油金冠、中油金红、瑞光28号,大果型、耐贮运种质华玉、早久保,可溶性固形物含量高、香气浓郁、不耐贮运种质LG-9#、LG-8#、LG-13#、红光1号,研究结果为新疆桃品种选育及推广提供了重要依据。

关键词:桃;种质资源;表型性状;遗传多样性

中图分类号:S662.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-9980(2025)07-1377-12

Diversity analysis of fruit traits of 105 peach germplasm resources in Xinjiang

LI Dan[1], BAI Lixia[1], TANG Zhuoyue[1], YANG Kanghui[1], YANG Lu[2], CHENG Ping[1*]

([1]College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China; [2]Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract:【Objective】The study aimed to deeply understand the variability and diversity of fruit traits of different peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] germplasm resources and screen excellent peach germplasm resources.【Methods】A total of 105 peach germplasm resources were used as experimental materials, and 22 descriptive traits were observed by visual observation. Nine fruits with good fruit shape and no mechanical damage were selected. The quantitative trait indexes were measured. The variability and diversity of 22 phenotypic traits and 14 quantitative traits of the fruits were analyzed. The fruit traits of 105 germplasms were comprehensively evaluated and sorted by principal component analysis, and were classified by cluster analysis.【Results】The 22 diversity index (*H'*) of description traits ranged from 0.627 to 1.502, the diversity index of the fruit apex shape was the highest (1.502), followed by the color of the fruit skin (1.300), and the diversity index of the kernel smoothness was the lowest (0.627). The 14 coefficient of variation (2.34%−74.12%) and diversity index (1.783−2.079) of quantitative type traits showed a large range, indicating that peach fruit types were abundant. The highest coefficient of variation was hardness with skin and hardness without skin, which were 74.12% and 57.28%, respectively. The highest hardness with skin was Huayu (11.88 kg · cm^{-2}), the smallest was Qi dry misuri (0.50 kg · cm^{-2}), and the lowest coefficient of variation of edible rate was 2.34%. The fruit side diameter was the largest (2.079) and the edible ratio was the smallest (1.783). A total of 4 principal components were extracted by principal component analysis, and the cumulative contribution rate reached 80.887%,

收稿日期:2025-01-24 **接受日期:**2025-02-17

基金项目:新疆维吾尔自治区重大科技专项(2023A02008-4);新疆维吾尔自治区“三农”骨干人才培养项目(2024SNGGGCC013)

作者简介:李丹,女,在读硕士研究生,主要从事桃种质资源评价方面的研究。E-mail:3153775832@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail:84966324@qq.com

indicating that these 4 principal components could represent most of the information of 16 indicators. From the selected eigenvalues and eigenvectors of the principal components of the 16 fruit traits of the 105 peach germplasms, we could see that the first principal component was mainly composed of single fruit weight, transverse diameter, lateral diameter, peeled hardness and peeled hardness, reflecting the size and storage and transportation ability of the fruits. The second principal component was mainly composed of the fruit shape index, fruit shape and fruit top shape, and the third principal component was mainly composed of the cover color depth and coloring degree, which reflected the appearance quality of the fruits. The fourth principal component was mainly composed of the soluble solids content, reflecting the flavor of the fruits. The cluster analysis of the 105 peach germplasm resources showed that there were significant differences in the characteristics of different groups. When the Euclidean distance was 60, it could be divided into 5 groups. The first group included 24 germplasm resources, mainly Xinjiang germplasm, most of them were mid-late maturing germplasm, showing the characteristics of small single fruit weight, low hardness, high soluble solids content and rich aroma. The group Ⅱ contained 25 germplasm resources, which were characterized by the early maturity, medium single fruit weight, low hardness, high soluble solids content and strong aroma. The group Ⅲ contained 32 germplasm resources, which were characterized by the early maturity, large single fruit weight, high hardness and high soluble solids content. The group Ⅳ contained 21 germplasm resources, most of them were mid-late maturity germplasm, showing the characteristics of large single fruit weight, high hardness and high soluble solids content. The group Ⅴ contained 3 germplasm resources, which were mid-late maturing germplasm. The single fruit weight and hardness of this group were significantly higher than those of other groups, but the soluble solids content was lower.【Conclusion】The variation types of fruit traits in jujube germplasm resources were abundant and the diversity index was high (*H'*). The principal component combination cluster analysis screened out high soluble solid content, storage and transport resistant germplasm Zhongyoujinguan, Zhongyoujinhong, Ruiguang 28, big fruit type and storage and transport resistant germplasm Huayu, Zaojiu Bao, high soluble solid content, rich aroma, and intolerant germplasm for storage and transportation LG-9#, LG-8#, LG-13#, Hongguang 1. The study would provide reference for breeding and extension of peach varieties in Xinjiang.

Key words: Peach; Germplasm resources; Phenotypic characters; Genetic diversity

桃[*Prunus persica*（L.）Batsch]属于蔷薇科（Rosaceae）李属（*Prunus* L.）核果类植物，起源于中国西部地区[1]，经过4000多年的栽培演化，形成了丰富的种质资源和栽培类型[2]，其适应性强、分布范围广、具有极高的经济价值，全国栽培面积约86.67万hm^2，是中国第三大果树[3]。桃在新疆栽培历史悠久，栽培面积超过2万hm^2，主要分布于环塔里木盆地周边的阿克苏、喀什、和田等地区以及天山北坡的乌鲁木齐、昌吉、石河子等地区，环塔里木盆地以口感极佳、不耐贮运的新疆土桃为主，天山北坡以耐贮运的国内品种为主。因此，引进、收集与保存疆内外优良桃种质资源并进行果实性状的综合评价，筛选出优异种质（或品种），对新疆桃种质资源的保护与利用、栽培桃品种的优化具有重要意义。

桃果实性状主要包括果实形状、单果质量、果实硬度、颜色、可溶性固形物含量等[4]，王力荣等[5]对282~491份桃种质资源的单果质量、核质量、可溶性固形物含量、硬度等指标进行了研究和统计分析，并提出了中国桃种质资源评价系统中果实数量型性状的分级指标和参照品种；张杨等[6]对湖北省桃种质资源圃中137份桃种质资源耐热性进行了综合评价，筛选出抗热性强的26份优良种质；薛璐等[7]对国家桃种质资源圃（郑州）中150份桃种质进行了褐腐病抗性综合评价，筛选出抗褐腐病强的12份优异种质；王小丽等[8]对国家桃种质资源圃（郑州）中50份桃种质资源耐寒性进行了综合评价，筛选出抗寒性强的3份优异种质。新疆气候干燥，日照充足，昼夜温差大，有利于桃

果实糖分累积，口感风味独特，徐孟琪等[9]对南疆133份土桃种质进行了表型多样性分析，初步筛选出8份绿皮桃和16份黄肉桃优异种质；克里木•伊明等[10]对南疆地区25份新疆桃种质的果实性状进行了调查分析，筛选出早中晚熟的优异种质；韩毅等[11]对7份新疆土桃的果实品质进行了比较分析，筛选出了1个可溶性固形物含量较高、单果质量较大、果形极具特色的优异种质；程平等[12]对7份新疆油桃种质果实感官性状进行了分析，结果表明新疆油桃具有果实品质优、口感极佳、果型小、可溶性固形物含量高的特点，但不耐贮运是限制新疆油桃产业发展的关键因素。综上所述，关于新疆桃种质资源的研究主要集中在新疆本地种质资源方面，且以异质生境条件的调查分析为主，缺乏国内品种与新疆种质资源在同一栽培条件下的对比分析。因此，笔者以新疆维吾尔自治区新和县桃、桑国家林木种质资源库内引进、收集与保存的105份桃种质资源为研究对象，开展桃果实性状多样性分析及果实品质综合评价，筛选出优异桃种质资源，以期为桃种质资源的保护与利用、优良品种选育等提供技术支撑。

1　材料和方法

1.1　材料

试验于2024年在新疆维吾尔自治区新和县桃、桑国家林木种质资源库中进行，供试105个桃种质资源树龄为5 a（年）且树势中庸，栽培管理方式一致，详见表1。

表1　供试的105份桃种质来源及名称

Table 1　Source and name of 105 peach germplasm resources tested

来源 Source	编号 ID	种质名称 Germplasm name	来源 Source	编号 ID	种质名称 Germplasm name
新疆 Xinjiang	1	绿光8号 Lüguang 8		30	其里干米苏里 Qiliganmisuli
	2	13-9#		31	黄光3号 Huangguang 3
	3	红光1号 Hongguang 1		32	绿光4号 Lüguang 4
	4	黄光1号 Huangguang 1		33	13-6#
	5	佳木1号 Jiamu 1		34	绿光5号 Lüguang 5
	6	佳木5号 Jiamu 5		35	半边红 Banbianhong
	7	LG-5#		36	黄毛桃 Huangmaotao
	8	LG-6#		37	绿光1号 Lüguang 1
	9	LG-8#		38	绿光2号 Lüguang 2
	10	LG-9#		39	洛浦桃 Luoputao
	11	LG-10#	北京 Beijing	40	京玉 Jingyu
	12	LG-11#		41	瑞蟠20号 Ruipan 20
	13	LG-12#		42	瑞蟠22号 Ruipan 22
	14	LG-13#		43	瑞蟠24号 Ruipan 24
	15	LG-14#		44	瑞光27号 Ruiguang 27
	16	A-2#		45	瑞光28号 Ruiguang 28
	17	A-3#		46	瑞油蟠2号 Ruiyoupan 2
	18	A-6#		47	美瑞 Meirui
	19	A-12#		48	早玉 Zaoyu
	20	A-13#		49	晚蜜 Wanmi
	21	A-14#		50	华玉 Huayu
	22	A-15#		51	夏至早红 Xiazhizaohong
	23	A-17#		52	瑞光35号 Ruiguang 35
	24	A-20#		53	瑞蟠19号 Ruipan 19
	25	于田4号 Yutian 4		54	瑞蟠21号 Ruipan 21
	26	于田8号 Yutian8		55	房山蟠桃 Fangshan Pantao
	27	站敏2号 Zhanmin 2	河南 Henan	56	中桃紫玉 Zhongtaoziyu
	28	站敏3号 Zhanmin 3		57	中桃绯玉 Zhongtaofeiyu
	29	站敏4号 Zhanmin 4		58	中桃红玉 Zhongtaohongyu

表1 （续） Table 1 (Continued)

来源 Source	编号 ID	种质名称 Germplasm name	来源 Source	编号 ID	种质名称 Germplasm name
	59	中蟠7号 Zhongpan 7		83	中秋王6号 Zhongqiuwang 6
	60	中油8号 Zhongyou 8		84	秋彤 Qiutong
	61	中油18号 Zhongyou 18		85	金秋超黄 Jinqiuchaohuang
	62	中油19号 Zhongyou 19		86	奥林早金 Aolinzaojin
	63	中油20号 Zhongyou 20		87	金宝 Jinbao
	64	郑4-24 Zheng 4-24		88	黄金超霸 Huangjinchaoba
	65	中蟠13号 Zhongpan 13		89	白围 Baiwei
	66	中油蟠5号 Zhongyoupan 5		90	金甜 Jintian
	67	中油蟠7号 Zhongyoupan 7		91	金霞早油蟠 Jinxiazaoyoupan
	68	中油蟠9号 Zhongyoupan 9		92	源东水蜜桃 Yuandong Shuimitao
	69	早油4号 Zaoyou 4		93	小公主枣油桃 Xiaogongzhuzaoyoutao
	70	中农金辉 Zhongnongjinhui		94	日本井田 Japan Minefield
	71	中油金冠 Zhongyoujinguan		95	金奎 Jinkui
	72	中油金铭 Zhongyoujinming	上海 Shanghai	96	锦花 Jinhua
	73	黄金蜜0号 Huangjinmi 0		97	锦园 Jinyuan
	74	中油丹玉 Zhongyoudanyu		98	锦香 Jinxiang
	75	中油金红 Zhongyoujinhong	天津 Tianjin	99	春雪 Chunxue
	76	中油蟠8号 Zhongyoupan 8		100	燕红 Yanhong
安徽 Anhui	77	金蕾 Jinlei		101	双喜红 Shuangxihong
	78	春美 Chunmei		102	秋燕 Qiuyan
	79	春瑞枝变 Chunruizhibian		103	早久保 Zaojiubao
	80	白如玉 Bairuyu	陕西 Shaanxi	104	秦光3号 Qinguang 3
	81	南国红 Nanguohong		105	秦光7号 Qinhuang 7
	82	中秋王5号 Zhongqiuwang 5			

1.2 方法

1.2.1 果实描述型性状观测 在各种质果实生理成熟期，每个样品采集10~15个成熟果实带回室内，参照农业行业标准《桃种质资源描述规范》（NY/T 2923—2016）[4]，采用目测观察法对果实形状、果顶形状、缝合线深浅、果实对称性、茸毛有无、梗洼深度、梗洼广度、果皮底色、盖色深浅、着色程度、果肉颜色、果肉红色素、果皮剥离度、核黏离性、香气、肉质、汁液多少、鲜核颜色、核性状、核纹、核面光滑度共22个描述型性状进行观测，描述型性状各类型的分级标准见表2。

1.2.2 果实数量型性状测定 参照农业行业标准《桃种质资源描述规范》（NY/T 2923—2016）[4]，选取果形良好、无机械损伤的9个果实，测定单果质量、果实横径、果实纵径、果实侧径、带皮硬度、去皮硬度、可溶性固形物含量、核质量、核长、核宽、核厚、果形指数、可食率、果实发育期共14项数量型性状指标，每个数量型性状的测定重复9次，取平均值。单果质量、核质量采用电子天平（0.01 g）测量，果实横径、纵径、侧径与核长、核宽、核厚采用游标卡尺（0.01 mm）测量，果形指数=果实纵径/横径，可食率/%=（单果质量-核质量）/单果质量×100，果实硬度（带皮、去皮）采用数显示硬度计GY-4（0.001 kg·cm^{-2}）测定，可溶性固形物含量采用数显折光仪PAL-1测定，果实发育期=果实成熟期-盛花期。

1.3 数据统计与分析

采用Excel 2021进行数据统计与分析，采用SPSS 21.0进行主成分分析，计算各种质综合得分，采用Origin 2024进行系统聚类分析及绘制聚类图，主成分分析结合聚类分析筛选各类群中综合得分较高的优异种质。变异系数计算公式为$CV=S/X$（X为平均值，S为标准差），多样性指数（H'）参考陈雪燕等[13]的方法，将数量型性状测量数据分为10级，相邻两级间相差0.5S，通过统计分布频率计算多样性指数（H'）。

2 结果与分析

2.1 桃果实描述型性状频率分布及多样性分析

桃果实描述型性状的多样性指数（H'）为0.627~

表2　描述型性状分级

Table 2　Describe trait classification

类型 Type	性状 Character	分级标准 Grading standard
外观性状 Appearance character	果形 Fruit shape	1：扁平；2：扁圆；3：圆；4：椭圆；5：卵圆；6：尖圆 1: Flat; 2: Flat-round; 3: Round; 4: Ellipse; 5: Oval; 6: Conoid
	果顶形状 Top shape of fruit	1：凹陷；2：微凹；3：圆平；4：圆凸；5：尖圆 1: Concave; 2: Dimple; 3: Round-flat; 4: Round-convex; 5: Conoid
	缝合线深浅 Depth of suture	1：浅；2：中；3：深 1: Shallow; 2: Medium; 3: Deep
	果实对称性 Fruit symmetry	1：不对称；2：对称；3：较对称 1: Asymmetry; 2: Symmetry;3: More symmetrical
	茸毛有无 Fuzz of fruit surface	1：有；2：无 1: Peach; 2: Nectarine
	梗洼深度 Depth of stalk cavity	1：浅；2：中；3：深 1: Shallow; 2: Medium; 3: Deep
	梗洼广度 Width of stalk cavity	1：狭；2：中；3：广 1: Narrow; 2: Medium; 3: Wide
	果皮底色 Pericarp color	1：乳白；2：绿白；3：绿；4：乳黄；5：黄；6：橙黄 1: Milky white; 2: Green white; 3: Green; 4: Creamy york; 5: Yellow; 6: Orange
	盖色深浅 Cover color depth	0：无；1：浅红；2：红；3：深红 0: None; 1: Light red; 2: Red; 3: Deep red
	着色程度 Staining degree	0：无；1：少；2：中；3：多 0: None; 1: Little; 2: Medium; 3: Many
内在性状 Intrinsic character	果肉颜色 Flesh color	1：白；2：绿；3：黄；4：红 1: White; 2: Green; 3: Yellow; 4: Red
	果肉红色素 Flesh red pigment	0：无；1：少；2：中；3：多 0: None; 1: Little; 2: Medium; 3: Many
	近核处红色素 Near-nuclear red pigment	0：无；1：少；2：中；3：多 0: None; 1: Less; 2: Medium; 3: More
	果皮剥离度 Peel degree	1：易；2：难；3：不能 1: Easy; 2: Difficult; 3: Can't
	核黏离性 Nuclear adhesion	1：离；2：半离；3：黏 1: Separated; 2: Semi-detached; 3: Sticky
	香气 Fragrance	1：淡；2：中；3：浓 1: Little; 2: Medium; 3: Dense
	果实肉质 Texture of fruit pulp	1：绵；2：软溶质；3：硬溶质；4：不溶质 1: Wooliness; 2: Soft melting; 3: Hard melting; 4: Non-melting
	汁液含量 Fruit juice content	1：少；2：中；3：多 1: Little; 2: Medium; 3: Many
果核性状 Fruit pit character	鲜核颜色 Fresh core color	1：浅棕；2：棕；3：深棕；4：红 1: Light brown; 2: Brown; 3: Dark brown; 4: Red
	核形状 Nuclear shape	1：扁平；2：圆；3：近圆；4：卵圆；5：倒卵圆；6：椭圆 1: Flat; 2: Round; 3: Near round; 4: Oval; 5: Inverted oval; 6: Ellipse
	核纹 Nuclear striation	1：少；2：中；3：多 1: Little; 2: Medium; 3: Many
	核面光滑度 Nuclear surface smoothness	1：光滑；2：较粗糙；3：粗糙 1: Smooth; 2: Less rough; 3: Rough

1.502，果顶形状最高（1.502），果皮底色次之（1.300），核面光滑程度最低（0.627）（表3）。

在果实外观描述型性状方面，果形以圆形为主（57.5%），其次是扁圆（17.9%）和扁平形（17.0%）；果顶形状以圆平居多，占29.2%；缝合线深浅大多数为浅，占63.2%；梗洼深度和梗洼广度多为中等，分别占35.8%、47.2%；果皮底色以绿色为主（41.5%），其次为黄色（29.2%）；盖色深浅以深红为主，占43.4%；着色程度以多为主（47.2%），少数为不着色（6.6%），主要表现在新疆桃种质方面。

在果实内在描述型性状方面，果肉颜色主要为白色，占59.4%，黄色次之，占28.3%；果肉红色素和

表3 描述型性状频率分布及多样性

Table 3 Frequency distribution and diversity of descriptive traits

类型 Type	性状 Trait	频率分布 Frequency distribution/%							多样性指数 *H'*
		0	1	2	3	4	5	6	
外观性状 Appearance character	果形 Fruit shape		17.0	17.9	57.5	2.8	2.8	1.9	1.203
	果顶形状 Top shape of fruit		17.0	19.8	29.2	28.3	5.7		1.502
	缝合线深浅 Depth of suture		63.2	21.7	15.1				0.907
	果实对称性 Fruit symmetry		30.2	57.5	12.3				0.938
	茸毛有无 Fuzz of fruit surface		60.4	39.6					0.671
	梗洼深度 Depth of stalk cavity		30.2	35.8	34.0				1.096
	梗洼广度 Width of stalk cavity		17.9	47.2	34.9				1.030
	果皮底色 Pericarp color		2.8	21.7	41.5	4.7	29.2		1.300
	盖色深浅 Cover color depth	6.6	17.9	32.1	43.4				1.214
	着色程度 Staining degree	6.6	23.6	22.6	47.2				1.211
内在性状 Intrinsic character	果肉颜色 Flesh color		59.4	9.4	28.3	2.8			0.989
	果肉红色素 Flesh red pigment	40.6	29.2	10.4	19.8				1.281
	近核处红色素 Near-nuclear red pigment	48.1	37.7	7.5	6.6				1.093
	果皮剥离度 Peel degree		43.4	55.7	0.9				0.731
	核黏离性 Nuclear adhesion		38.7	11.3	50.0				0.960
	香气 Fragrance		46.2	8.5	45.3				0.925
	果实肉质 Texture of fruit pulp		0.9	54.7	41.5	2.8			0.788
	汁液含量 Fruit juice content		17.9	18.9	63.2				0.913
果核性状 Fruit pit character	鲜核颜色 Fresh core color		14.2	35.8	39.6	10.4			1.247
	核形状 Nuclear shape		15.1	5.7	52.8	22.6	1.9	1.9	1.273
	核纹 Nuclear striation		34.3	51.4	14.3				0.987
	核面光滑度 Nuclear surface smoothness		3.8	78.1	18.1				0.627

近核处红色素大多数为无，占40.6%和48.1%；果皮剥离度以难剥为主，占55.7%；香气淡占46.2%，香气浓占45.3%；果肉质地多数为软溶质（54.7%），其次是硬溶质（41.5%）；果实汁液含量以多为主，占63.2%。

在果核性状方面，果核性状类型多样，但主要以近圆形为主（52.8%），其次是卵圆形（22.6%）；鲜核颜色以深棕色为主，占39.6%；核纹多少大多数为中等，占51.4%；核面光滑程度大多数为较粗糙，占78.1%。

2.2 桃果实数量型性状多样性分析

如表4所示，供试的105份桃种质各数量型性状的变异系数（2.34%~74.12%）和多样性指数（1.783~2.079）均呈现出较大变幅，表明桃果实类型较丰富。变异系数较大的是带皮硬度和去皮硬度，分别为57.28%、74.12%，带皮硬度最大的是华玉（11.88 kg·cm^{-2}），最小的是其里干米苏里（0.50 kg·cm^{-2}），可食率变异系数最小，为2.34%；多样性指数最大的果实侧径（2.079），最小的是可食率（1.783）。

单果质量变异系数为46.32%，多样性指数为2.040，单果质量最大的是早久保（346.42 g），最小的是半边红（31.32 g）；果实纵径、横径的变异系数分别为19.82%、23.42%，多样性指数分别为2.072、2.030，横径最大的是瑞蟠24号（91.87 mm），纵径最大的是华玉（93.79 mm）；可溶性固形物含量变异系数为13.72%，多样性指数为1.838，含量最高的是小公主枣油桃（25.96%），最低为佳木5号（12.1%）；果实发育期的变异系数为30.15%，多样性指数为1.965，最长的是绿光1号（160 d），最短的是金蕾（40 d）。

2.3 桃种质资源综合评价

2.3.1 桃种质资源主成分分析 如表5所示，对105份桃种质的16个果实性状进行主成分分析，提取了4个主成分，累计贡献率达到80.887%，表明这4个主成分能够代表16个指标的绝大部分信息。从105份桃种质的16个果实性状的主成分入选特征值和特征向量可知，第1主成分主要由单果质量、横径、侧径、带皮硬度和去皮硬度组成，反映了果实的大小和贮运性；第2主成分主要由果形指数、果实形状、

表4　数量型性状描述统计及多样性

Table 4　Descriptive statistics and diversity of quantitative traits

果实性状 Fruit trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	均值 Mean	极差 Range	标准差 *SD*	变异系数 *CV*/%	多样性指数 *H'*
单果质量 Single fruit mass/g	31.32	346.42	147.95	315.10	68.53	46.32	2.040
果实横径 Fruit transverse diameter/mm	37.88	91.86	63.93	53.99	12.67	19.82	2.072
果实纵径 Fruit vertical diameter/mm	34.01	93.79	58.52	59.79	13.70	23.42	2.030
果实侧径 Lateral diameter of fruit/mm	36.43	100.09	64.78	63.67	13.59	20.98	2.079
果形指数 Fruit shape index	0.53	1.28	0.92	0.70	0.17	18.28	1.827
核质量 Fresh core mass/g	2.48	9.04	5.86	6.56	1.66	28.38	1.883
可食率 Edible rate/%	81.01	99.00	95.19	17.99	2.21	2.34	1.783
带皮硬度 Belt hardness/（kg·cm^{-2}）	0.49	11.88	4.78	11.38	2.74	57.27	2.026
去皮硬度 Peeling hardness/（kg·cm^{-2}）	0.41	10.85	3.73	10.44	2.76	74.12	1.927
w（可溶性固形物）Soluble solid content/%	12.10	25.90	14.90	13.80	2.04	13.72	1.838
核长 Nuclear length/mm	14.33	42.53	28.82	28.19	6.65	23.09	2.064
核宽 Nuclear width/mm	16.56	35.53	23.28	18.97	3.54	15.23	1.904
核厚 Nuclear thickness/mm	12.32	29.19	17.72	16.87	3.31	18.72	1.929
果实发育期 Date of maturity/d	40	160	100	120	30	30.15	1.965

表5　桃种质资源16个果实性状的主成分特征值与贡献率

Table 5　Principal component characteristic value and contribution rate of 16 agronomic traits of peach germplasm resources

果实性状 Fruit trait	主成分1 PC1	主成分2 PC2	主成分3 PC3	主成分4 PC4
单果质量 Single fruit mass	0.916	0.127	−0.209	−0.164
果实横径 Fruit transverse diameter	0.921	−0.138	−0.198	−0.101
果实纵径 Fruit vertical diameter	0.643	0.704	−0.135	−0.109
果实侧径 Fruit lateral diameter	0.899	−0.104	−0.217	−0.213
果形指数 Fruit shape index	−0.167	0.939	0.055	−0.033
带皮硬度 Belt hardness	0.761	0.025	0.352	−0.292
去皮硬度 Peeling hardness	0.748	0.017	0.350	−0.327
可溶性固形物含量 Soluble solid content	−0.024	−0.049	0.245	0.645
核长 Nuclear length	0.441	0.780	−0.062	0.135
核宽 Nuclear width	0.756	−0.002	−0.350	0.418
核厚 Nuclear thickness	0.693	−0.372	−0.233	0.365
核质量 Fresh core mass	0.760	0.252	−0.076	0.311
果形 Fruit shape	−0.168	0.845	0.119	0.130
果顶形状 Top shape of fruit	−0.341	0.807	0.011	0.015
盖色深浅 Cover color depth	0.492	−0.128	0.665	0.240
着色程度 Staining degree	0.499	−0.038	0.697	0.050
特征值 Eigenvalue	6.532	3.620	1.587	1.203
贡献率 Rate of variance/%	40.825	22.626	9.916	7.519
累计方差贡献率 Rate of commulative Variance/%	40.825	63.451	73.367	80.887

果顶形状组成，第3个主成分主要由盖色深浅、着色程度组成，均反映了果实的外观质量；第4主成分主要由可溶性固形物含量组成，反映了果实的风味。

2.3.2　桃优异种质筛选　根据各主成分特征值与因子得分，构建桃种质资源的综合评价体系，通过每个性状指标的因子载荷值除以特征值的平方根，来计算该指标所对应的特征向量，以特征向量为权重得到得分公式：

$$F_1=0.36\times ZX_1+0.36\times ZX_2+0.25\times ZX_3+0.35\times ZX_4-0.07\times ZX_5+0.3\times ZX_6+0.29\times ZX_7-0.01\times ZX_8+0.17\times ZX_9+0.3\times ZX_{10}+0.27\times ZX_{11}+0.3\times ZX_{12}-0.07\times ZX_{13}-0.13\times ZX_{14}+0.19\times ZX_{15}+0.2\times ZX_{16};$$

$$F_2=0.07\times ZX_1-0.07\times ZX_2+0.37\times ZX_3-0.05\times ZX_4+0.49\times ZX_5+0.01\times ZX_6+0.01\times ZX_7-0.03\times ZX_8+0.41\times ZX_9+0\times ZX_{10}-0.2\times ZX_{11}+0.13\times ZX_{12}+0.44\times ZX_{13}+0.42\times ZX_{14}-0.07\times ZX_{15}-0.02\times ZX_{16};$$

$$F_3=-0.17\times ZX_1-0.16\times ZX_2-0.11\times ZX_3-0.17\times ZX_4+0.04\times ZX_5+0.28\times ZX_6+0.28\times ZX_7+0.19\times ZX_8-0.05\times ZX_9-0.28\times ZX_{10}-0.18\times ZX_{11}-0.06\times ZX_{12}+0.09\times ZX_{13}+0.01\times ZX_{14}+0.53\times ZX_{15}+0.55\times ZX_{16};$$

$$F_4=-0.15\times ZX_1-0.09\times ZX_2-0.01\times ZX_3-0.19\times ZX_4-0.03\times ZX_5-0.27\times ZX_6-0.3\times ZX_7+0.59\times ZX_8+0.12\times ZX_9+0.38\times ZX_{10}+0.33\times ZX_{11}+0.28\times ZX_{12}+0.12\times ZX_{13}+0.01\times ZX_{14}+0.22\times ZX_{15}+0.05\times ZX_{16}。$$

以主成分对应的方差贡献率为权重，主成分的得分与相应权重乘积的和建立果实品质综合评价模

型：$F=0.50\times F_1+0.28\times F_2+0.12\times F_3+0.09\times F_4$。利用该模型计算得到每份种质的综合评价值，并根据综合评价值按从高到低进行排序。排名前5的种质依次为华玉、秋彤、中油金冠、瑞光28号和美瑞（表6）。

2.4 桃种质资源聚类分析

对105份桃种质资源进行系统聚类分析，当欧式距离为60时可分为5个类群（图1）。

不同类群性状特征差异显著（表7），聚类分析结合主成分分析筛选出各类群中综合得分较高的优异种质，其中第Ⅰ类群包含24份种质资源，以新疆种质（或品种）为主，果实发育期为124 d，大部分中晚熟，单果质量为58.34 g，带皮硬度2.41 kg·cm^{-2}，可溶性固形物含量为15.1%，香气等级为3，表现为单果质量小、硬度低、可溶性固形物含量高、香气浓郁

表6 桃种质资源综合排名

Table 6 Comprehensive ranking of peach germplasm resources

排名 Ranking	种质名称 Germplasm name	得分 Score	排名 Ranking	种质名称 Germplasm name	得分 Score	排名 Ranking	种质名称 Germplasm name	得分 Score
1	华玉 Huayu	0.831	36	金蕾 Jinlei	0.588	71	LG-12#	0.414
2	秋彤 Qiutong	0.712	37	黄金超霸 Huangjinchaoba	0.587	72	瑞蟠24号 Ruipan 24	0.413
3	中油金冠 Zhongyoujinguan	0.710	38	中秋王6号 Zhongqiuwang 6	0.587	73	绿光1号 Lüguang 1	0.409
4	瑞光28号 Ruiguang 28	0.708	39	瑞蟠21号 Ruipan 21	0.585	74	瑞蟠22号 Ruipan 22	0.390
5	美瑞 Meirui	0.705	40	夏至早红 Xiazhizaohong	0.580	75	13-9#	0.382
6	晚蜜 Wanmi	0.695	41	中油金铭 Zhongyoujinming	0.574	76	中蟠13号 Zhongpan 13	0.372
7	锦花 Jinhua	0.693	42	瑞蟠20号 Ruipan 20	0.566	77	LG-10#	0.371
8	中油金红 Zhongyoujinhong	0.688	43	中油蟠9号 Zhongyoupan 9	0.564	78	13-6#	0.364
9	秋燕 Qiuyan	0.684	44	中桃红玉 Zhongtaohongyu	0.564	79	站敏2号 Zhanmin 2	0.362
10	早久保 Zaojiubao	0.682	45	黄金蜜0号 Huangjinmi 0	0.559	80	A-17#	0.362
11	瑞光35号 Ruiguang 35	0.677	46	白如玉 Bairuyu	0.555	81	黄光1号 Huangguang 1	0.348
12	中秋王5号 Zhongqiuwang 5	0.670	47	瑞光27号 Ruiguang 27	0.554	82	A-12#	0.345
13	奥林早金 Aolinzaojin	0.668	48	LG-9#	0.551	83	LG-11#	0.339
14	早玉 Zaoyu	0.663	49	金宝 Jinbao	0.547	84	A-13#	0.337
15	中油19号 Zhongyou 19	0.662	50	LG-8#	0.544	85	绿光2号 Lüguang 2	0.333
16	中油8号 Zhongyou 8	0.650	51	秦光7号 Qinguang 7	0.543	86	站敏4号 Zhanmin 4	0.327
17	金奎 Jinkui	0.639	52	小公主枣油桃 Xiaogongzhuzaoyoutao	0.540	87	LG-6#	0.311
18	金秋超黄 Jinqiuchaohuang	0.638	53	春雪 Chunxue	0.536	88	房山蟠桃 Fangshanpantao	0.310
19	南国红 Nanguohong	0.637	54	金甜 Jintian	0.529	89	A-3#	0.307
20	春美 Chunmei	0.634	55	春瑞枝变 Chunruizhibian	0.518	90	佳木5号 Jiamu 5	0.299
21	中油18号 Zhongyou 18	0.627	56	红光1号 Hongguang 1	0.512	91	绿光8号 Lüguang 8	0.298
22	日本井田 Japan Minefield	0.626	57	LG-13#	0.510	92	中蟠7号 Zhongyoupan 7	0.296
23	中油丹玉 Zhongyoudanyu	0.621	58	洛浦桃 Luoputao	0.510	93	半边红 Banbianhong	0.295
24	秦光3号 Qiuguang 3	0.616	59	瑞油蟠2号 Ruiyoupan 2	0.487	94	于田8号 Yutian 8	0.286
25	中农金辉 Zhongnongjinhui	0.611	60	金霞早油蟠 Jinxiazaoyoupan	0.478	95	绿光5号 Lüguang 5	0.286
26	双喜红 Shuangxihong	0.608	61	瑞蟠19号 Ruipan 19	0.474	96	A-2#	0.284
27	中油蟠7号 Zhongyoupan 7	0.607	62	黄毛桃 Huangmaotao	0.474	97	绿光4号 Lüguang 4	0.276
28	锦香 Jinxiang	0.607	63	佳木1号 Jiamu 1	0.465	98	A-15#	0.275
29	中油20号 Zhongyou 20	0.604	64	中油蟠5号 Zhongyoupan 5	0.456	99	站敏3号 Zhanmin 3	0.261
30	中桃绯玉 Zhongtaofeiyu	0.603	65	白围 Baiwei	0.445	100	其里干米苏里 Qiliganmisuli	0.257
31	京玉 Jinyu	0.602	66	LG-5#	0.441	101	于田4号 Yutian 4	0.256
32	燕红 Yanhong	0.600	67	A-14#	0.432	102	LG-14#	0.241
33	源东水蜜桃 Yuandong Shuimitao	0.598	68	郑4-24 Zheng 4-24	0.430	103	A-6#	0.226
34	锦园 Jinyuan	0.594	69	中油蟠8号 Zhongyoupan 8	0.428	103	A-6#	0.226
35	早油4号 Zaoyou 4	0.592	70	中桃紫玉 Zhongtaoziyu	0.416	104	黄光3号 Huangguang 3	0.219
						105	A-20#	0.205

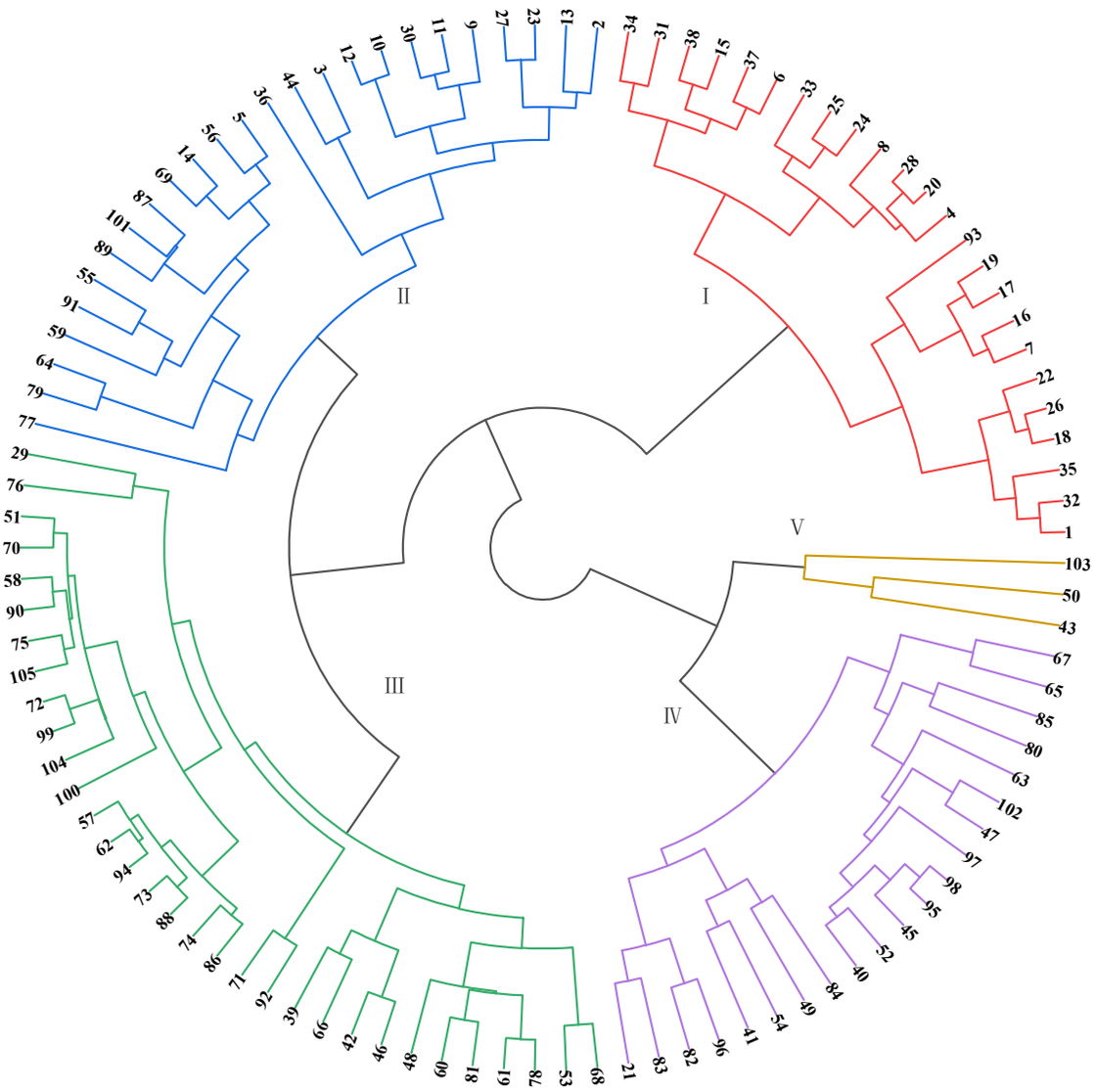

图1　桃种质资源农艺性状聚类分析

Fig. 1　Cluster analysis of agronomic traits of peach germplasm resources

表7　桃种质不同类群性状特征

Table 7　Characters of different peach germplasm groups

果实性状 Fruit trait	类群Ⅰ Group Ⅰ	类群Ⅱ Group Ⅱ	类群Ⅲ Group Ⅲ	类群Ⅳ Group Ⅳ	类群Ⅴ Group Ⅴ
单果质量 Single fruit mass/g	58.34	112.75	174.67	228.45	310.26
果实横径 Fruit transverse diameter/mm	46.82	59.02	69.53	76.53	87.53
果实纵径 Fruit vertical diameter/mm	44.27	55.50	62.68	70.41	76.28
果实侧径 Fruit side diameter/mm	47.02	59.10	71.03	78.09	93.32
果形指数 Fruit shape index	0.94	0.95	0.91	0.93	0.88
带皮硬度 Belt hardness/(kg·cm^{-2})	2.41	3.75	6.33	6.43	7.11
去皮硬度 Peeling hardness/(kg·cm^{-2})	1.36	2.63	5.15	5.53	6.15
w(可溶性固形物)Soluble solid content/%	15.10	14.90	15.50	14.30	12.70
核长 Nuclear length/mm	24.29	28.26	29.87	33.45	30.07
核宽 Nuclear width/mm	19.80	22.95	24.17	25.71	27.03
核厚 Nuclear thickness/mm	15.04	17.09	18.85	19.26	20.90
核质量 Fresh core mass/g	3.98	5.49	6.51	7.33	6.29
可食率 Edible rate/%	92.72	95.27	96.76	97.13	98.00
果实发育期 Date of maturity/d	124	90	85	123	128
香气 Fragrance	3	3	2	1	1

的特点，代表种质有LG-5#、绿光1号、13-6#。

第Ⅱ类群包含25份种质资源，果实发育期为90 d，单果质量为112.75 g，带皮硬度3.75 kg·cm^{-2}，可溶性固形物含量为14.9%，香气等级为3，表现为早熟、单果质量中等、硬度低、可溶性固形物含量高、香气浓的特点，代表种质有LG-9#、LG-8#、LG-13#、红光1号。

第Ⅲ类群包含32份种质资源，果实发育期为85 d，单果质量为174.67 g，带皮硬度6.33 kg·cm^{-2}，可溶性固形物含量为15.5%，表现为早熟、单果质量较大、硬度高、可溶性固形物含量高的特点，代表品种有中油金冠、中油金红、中油19号。

第Ⅳ类群包含21份种质资源，果实发育期为123 d，大部分是中晚熟种质（或品种），单果质量为228.45 g，带皮硬度6.43 kg·cm^{-2}，可溶性固形物含量为14.3%，表现为单果质量较大、硬度高、可溶性固形物含量高的特点，代表品种有瑞光28号、秋彤、美瑞、晚蜜。

第Ⅴ类群包含3份种质资源，平均果实发育期为128 d，为中晚熟种质，单果质量为310.26 g，带皮硬度7.11 kg·cm^{-2}，可溶性固形物含量为12.7%，该类群单果质量和硬度明显高于其他类群，但可溶性固形物含量较低，代表品种有华玉、早久保。

3 讨 论

变异系数（*CV*）和多样性指数（*H'*）是评价种质资源多样性的重要指标，*H'*值越大表明性状的多样性越丰富，变异程度越大，对种质创新贡献率越高，变异越小离散程度越小，性状稳定性越好[14]。笔者调查的105份桃种质资源果实性状中，22个描述型性状的频率分布为1.90%~78.18%，多样性指数为0.627~1.502，多样性指数最高的是果顶形状（1.502），果皮底色次之（1.300），与徐子媛[15]对73份桃种质多样性分析得出描述型性状分布频率为1.4%~98.6%，果顶形状（1.519）、果皮底色（1.422）多样性指数（*H'*）较高的结果相似。

本研究中105份桃种质的14个数量型性状变异系数在2.34%~74.12%，其中去皮硬度的变异系数最大（74.12%），说明针对去皮硬度的遗传改良空间较大[16]，可食率变异系数最小（2.34%），与陈红等[17]对8份贵州地方桃种质表型多样性分析得出可食率（1.39%）最低的结果一致。可溶性固形物含量的变异系数为13.72%，变异程度相对较小，与谭江平[18]对80份西藏光核桃种质果实性状分析得出可溶性固形物含量变异系数（12.11%）较低的结果相似，表明此性状在各个类群内变异程度较小，稳定性较高。本研究中105份桃种质的14个数量型性状多样性指数范围在1.783~2.079，果实侧径、果实横径、单果质量的遗传多样性指数较高，分别为2.079、2.072、2.040，与徐子媛[15]对73份桃种质多样性分析的结果相似。以上结果表明，105份桃种质资源的遗传多样性丰富，能为桃品种选育提供丰富的亲本材料。

主成分分析法广泛运用于筛选桃[19]、软枣猕猴桃[20]、枇杷[21]等果树的评价中，主成分累计方差贡献率达到80%以上时即具有较强代表性[22]。徐臣善等[23]对18个桃品种使用主成分分析方法进行综合评价，提取出6个主成分，累计方差贡献率为92.43%；魏丽萍等[24]对西藏光核桃果实表型性状进行主成分分析，累计方差贡献率为90.81%。笔者对105份桃种质资源进行主成分分析，累计贡献率为80.887%，并根据综合评价值按从高到低进行排序。排序靠前的种质有华玉、秋彤、中油金冠、瑞光28号等，靠后的种质有黄光3号、其里干米苏里、半边红等，前者表现为单果质量大、硬度高，后者表现为单果质量小、硬度低，但可溶性固形物含量高，香气浓郁。

利用果实性状进行聚类分析，可以在一定程度上反映出表型的差异，同时反映种质间的亲缘关系[25]。张彦山等[26]依据可溶性固形物含量、可滴定酸含量、可溶性总糖含量、果皮着红、肉质、单果质量等指标将18份宁甘黄桃分为4个类群；陈雪峰等[27]依据果实发育期、单果质量、硬度、香气、可溶性固形物含量等指标将26个杏品种分为4个类群。笔者主要依据单果质量、可溶性固形物含量、硬度、香气等级、果实发育期等指标将105份桃种质资源划分为5个类群，其中第Ⅰ类群和第Ⅱ类群以新疆本地土桃种质资源为主，非常具有特色，主要表现为果型小、口感极佳、香气浓郁、可溶性固形物含量高等特点，究其原因，新疆桃是桃亚属的一个种[28]，常作为育种亲本或砧木使用。

4 结 论

综上所述，105份桃种质果实性状的变异类型丰富，多样性指数较高。主成分结合聚类分析筛选

出可溶性固形物含量高、耐贮运种质中油金冠、中油金红、瑞光28号，大果型、耐储运种质华玉、早久保，可溶性固形物含量高、香气浓郁、不耐贮运种质LG-9#、LG-8#、LG-13#、红光1号，研究结果为新疆桃品种选育及推广提供了参考。

参考文献 References：

[1] 王力荣 . 油桃、蟠桃的遗传多效性及育种利用价值探讨[J]. 果树学报，2009，26(5)：692-698.
WANG Lirong. Heritable pleiotropy of glabrous and saucer shape gene loci from peach and their breeding value[J]. Journal of Fruit Science，2009，26(5)：692-698.

[2] 徐子媛，严娟，蔡志翔，孙朦，宿子文，沈志军，马瑞娟，俞明亮 . 桃果实糖酸和酚类物质与口感风味的相关性[J]. 江苏农业学报，2022，38(1)：190-199.
XU Ziyuan，YAN Juan，CAI Zhixiang，SUN Meng，SU Ziwen，SHEN Zhijun，MA Ruijuan，YU Mingliang. Correlation between soluble sugar，organic acid and phenolic substances with tasted flavor in peach fruit[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences，2022，38(1)：190-199.

[3] 史昕冉 . 4个桃品种在安阳地区表现及不同树形桃果实品质比较[D]. 郑州：河南农业大学，2023.
SHI Xinran. Performance of four peach varieties in Anyang area and comparison of fruit quality with different tree architecture[D]. Zhengzhou：Henan Agricultural University，2023.

[4] 中华人民共和国农业部 . 桃种质资源描述规范：NY/T 2923—2016[S]. 北京：中国农业出版社，2016.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Descriptors for peach germplasm resources：NY/T 2923—2016[S]. Beijing：China Agriculture Press，2016.

[5] 王力荣，朱更瑞，方伟超 . 桃（*Prunus persica* L.）种质资源果实数量性状评价指标探讨[J]. 园艺学报，2005，32(1)：1-5.
WANG Lirong，ZHU Gengrui，FANG Weichao. The evaluating criteria of some fruit quantitative characters of peach (*Prunus persica* L.) genetic resources[J]. Acta Horticulturae Sinica，2005，32(1)：1-5.

[6] 张杨，龚林忠，艾小艳，朱炜，王会良，刘勇，诸小敏，王富荣，何华平 . 137份桃种质资源耐热性评价[J]. 南方农业学报，2023，54(2)：467-475.
ZHANG Yang，GONG Linzhong，AI Xiaoyan，ZHU Wei，WANG Huiliang，LIU Yong，ZHU Xiaomin，WANG Furong，HE Huaping. Evaluation of 137 peach germplasm resources to heat tolerance[J]. Journal of Southern Agriculture，2023，54(2)：467-475.

[7] 薛璐，李勇，方伟超，杨英军，王力荣 . 150份桃种质资源果实褐腐病抗性评价[J]. 植物遗传资源学报，2025，26(1)：148-156.
XUE Lu，LI Yong，FANG Weichao，YANG Yingjun，WANG Lirong. Evaluation of resistant to brown rot in peach fruits for 150 peach germplasm resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2025，26(1)：148-156.

[8] 王小丽，方伟超，刘云鹤，赵佩，毛冬敏，王新卫 . 58份桃种质资源抗寒性评价[J]. 西北林学院学报，2018，33(6)：138-144.
WANG Xiaoli，FANG Weichao，LIU Yunhe，ZHAO Pei，MAO Dongmin，WANG Xinwei. Assessment of the cold resistance of fifty-eight peach accessions[J]. Journal of Northwest Forestry University，2018，33(6)：138-144.

[9] 徐孟琪，卢彩红，朱更瑞，邵亚杰，李勇，吴金龙，谢景梅，王新卫，王力荣 . 南疆133份土桃种质表型多样性分析[J]. 果树学报，2024，41(12)：2369-2376.
XU Mengqi，LU Caihong，ZHU Gengrui，SHAO Yajie，LI Yong，WU Jinlong，XIE Jingmei，WANG Xinwei，WANG Lirong. Phenotypic diversity analysis of 133 accession local peach germplasm in Southern Xinjiang[J]. Journal of Fruit Science，2024，41(12)：2369-2376.

[10] 克里木•伊明，韩立群，玛尔哈巴•吾斯曼，艾斯卡尔•艾合买提，乌努且木•阿卜杜热西提，阿不力米提•穆萨，王新卫，马凯，王继勋 . 新疆桃果实性状调查与评价研究[J]. 新疆农业科学，2017，54(6)：1041-1046.
Kelimu · Yiming，HAN Liqun，Maerhaba · Wusiman，Aisikaer · Aihemaiti，Ghunqam · Abdurxit，Abulimiti · Musa，WANG Xinwei，MA Kai，WANG Jixun. Investigation of the fruit characters and preliminary evaluation of different Xinjiang peach germplasms[J]. Xinjiang Agricultural Sciences，2017，54(6)：1041-1046.

[11] 韩毅，赵宝龙，孙军利，赵书成，宿明洁 . 新疆桃实生优选单株果实品质比较[J]. 北方园艺，2021(20)：27-33.
HAN Yi，ZHAO Baolong，SUN Junli，ZHAO Shucheng，SU Mingjie. Comparison of fruit quality of excellent single plant of Xinjiang peach[J]. Northern Horticulture，2021(20)：27-33.

[12] 程平，刘子豪，李宏，杨璐，张志刚 . 新疆油桃果实品质特征分析[J]. 新疆农业科学，2021，58(6)：1106-1112.
CHENG Ping，LIU Zihao，LI Hong，YANG Lu，ZHANG Zhigang. Analysis on fruit quality characteristics of *Amygdalus ferganensis* var. *nectarine*[J]. Xinjiang Agricultural Sciences，2021，58(6)：1106-1112.

[13] 陈雪燕，王亚娟，雒景吾，吉万全 . 陕西省小麦地方品种主要性状的遗传多样性研究[J]. 麦类作物学报，2007，27(3)：456-460.
CHEN Xueyan，WANG Yajuan，LUO Jingwu，JI Wanquan. Genetic diversity in main characters of wheat landraces in Shaanxi Province[J]. Journal of Triticeae Crops，2007，27(3)：456-460.

[14] 林玲，王军辉，罗建，陈帅 . 砂生槐天然群体种实性状的表型多样性[J]. 林业科学，2014，50(4)：137-143.
LIN Ling，WANG Junhui，LUO Jian，CHEN Shuai. Phenotypic diversity of seed and fruit traits in natural populations of *Sophora moorcroftiana*[J]. Scientia Silvae Sinicae，2014，50(4)：137-143.

[15] 徐子媛 . 73份桃种质资源果实品质评价研究[D]. 南京：南京农业大学，2021.
XU Ziyuan. Fruit quality evaluation of 73 peach germplasm re-

sources[D]. Nanjing：Nanjing Agricultural University，2021.

[16] 赵海娟，刘威生，刘宁，张玉萍，章秋平，刘硕 . 普通杏（*Armeniaca vulgaris*）种质资源果实主要数量性状变异及概率分级[J]. 果树学报，2013，30(1)：37-42.
ZHAO Haijuan，LIU Weisheng，LIU Ning，ZHANG Yuping，ZHANG Qiuping，LIU Shuo. Variation and probability grading of main quantitative traits of apricot (*Armeniaca vulgaris*) germplasm[J]. Journal of Fruit Science，2013，30(1)：37-42.

[17] 陈红，杨家全，杨鑫 . 贵州地方桃品种的形态特征及品质分析[J]. 西南农业学报，2013，26(3)：1169-1174.
CHEN Hong，YANG Jiaquan，YANG Xin. Morphological characteristics and quality analysis of Guizhou local peach cultivars[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2013，26(3)：1169-1174.

[18] 谭江平 . 西藏光核桃果实性状分析及遗传多样性研究[D]. 雅安：四川农业大学，2012.
TAN Jiangping. Study on the fruit characters analysis and genetic diversity of *Prunus mira* (Koehne) in Tibet[D]. Yaan：Sichuan Agricultural University，2012.

[19] 范芳娟 . 水蜜桃果实品质综合评价体系及数据库的建立与应用[D]. 杭州：浙江大学，2014.
FAN Fangjuan. Establishment and application of melting peach fruit ouality comprehensive evaluation system and database[D]. Hangzhou：Zhejiang University，2014.

[20] 何艳丽，秦红艳，温锦丽，范书田，杨义明，张宝香，曹炜玉，路文鹏，李昌禹 . 35 份软枣猕猴桃资源果实品质分析与综合评价[J]. 果树学报，2023，40(8)：1523-1533.
HE Yanli，QIN Hongyan，WEN Jinli，FAN Shutian，YANG Yiming，ZHANG Baoxiang，CAO Weiyu，LU Wenpeng，LI Changyu. Quality analysis and comprehensive evaluation of 35 *Actinidia argute* accessions[J]. Journal of Fruit Science，2023，40(8)：1523-1533.

[21] 赵双，尤伟忠，黄颖宏，郄红丽 . 基于主成分分析综合评价 23 个白沙枇杷品种果实品质[J]. 中国南方果树，2023，52(6)：114-118.
ZHAO Shuang，YOU Weizhong，HUANG Yinghong，QIE Hongli. Comprehensive evaluation of fruit quality of 23 white flesh loquats based on principal component analysis[J]. South China Fruits，2023，52(6)：114-118.

[22] 马燕妮 . 阿克苏地区 44 份杏实生种质果实性状评价[D]. 阿拉尔：塔里木大学，2024.
MA Yanni. Evaluation of fruit traits of 44 apricot germplasms in Aksu area[D]. Ala'er：Tarim University，2024.

[23] 徐臣善，高东升 . 基于主成分分析的设施桃果实品质综合评价[J]. 食品工业科技，2014，35(23)：84-88.
XU Chenshan，GAO Dongsheng. Comprehensive evaluation on fruit quality of peach cultivars in greenhouse based on principal component analysis[J]. Science and Technology of Food Industry，2014，35(23)：84-88.

[24] 魏丽萍，韩艳英，大布穷，巩文峰，邓公甫，呼杰 . 西藏光核桃果实表型性状变异分析与种质资源筛选[J]. 北京林业大学学报，2020，42(7)：48-57.
WEI Liping，HAN Yanying，DA Buqiong，GONG Wenfeng，DENG Gongfu，HU Jie. Analysis on phenotypic variation and germplasm resource selection of wild *Amygdalus mira* in Tibet of southwestern China[J]. Journal of Beijing Forestry University，2020，42(7)：48-57.

[25] 王亚楠 . 新疆杏品种的遗传多样性及亲缘关系研究[D]. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2020.
WANG Yanan. The study of genetic diversity and relationship of apricot cultivars in Xinjang[D]. Urumqi：Xinjiang Agricultural University，2020.

[26] 张彦山，肖正璐，顾群英，豆丽萍，何博 . 宁县黄甘桃果实品质综合评价[J]. 果树学报，2024，41(1)：65-75.
ZHANG Yanshan，XIAO Zhenglu，GU Qunying，DOU Liping，HE Bo. Comprehensive evaluation of the fruit quality of yellow-flesh peaches in Ningxian[J]. Journal of Fruit Science，2024，41(1)：65-75.

[27] 陈雪峰，刘志琨，王端，景晨娟，武晓红 . 早熟杏品种果实品质综合评价分析[J]. 分子植物育种，2022，20(15)：5189-5197.
CHEN Xuefeng，LIU Zhikun，WANG Duan，JING Chenjuan，WU Xiaohong. Comprehensive evaluation analysis of fruit quality of early maturing apricot varieties[J]. Molecular Plant Breeding，2022，20(15)：5189-5197.

[28] CAO K，LI Y，DENG C H，GARDINER S E，ZHU G R，FANG W C，CHEN C W，WANG X W，WANG L R. Comparative population genomics identified genomic regions and candidate genes associated with fruit domestication traits in peach[J]. Plant Biotechnology Journal，2019，17(10)：1954-1970.